

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 1 月 2 5 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 4 1 3 3 4
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 3 4 1 3 3 4]

出 願 人 日 本 電 信 電 話 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

2 0 0 3 年 7 月 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎

出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 5 4 1 4 0

【書類名】 特許願

【整理番号】 NTTH146166

【提出日】 平成14年11月25日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 6/35

【発明の名称】 1×N光スイッチ

【請求項の数】 10

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 美野 真司

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 北川 毅

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 相馬 俊一

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 奥野 将之

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 郷 隆司

【特許出願人】**【識別番号】** 000004226**【氏名又は名称】** 日本電信電話株式会社**【代理人】****【識別番号】** 100077481**【弁理士】****【氏名又は名称】** 谷 義一**【選任した代理人】****【識別番号】** 100088915**【弁理士】****【氏名又は名称】** 阿部 和夫**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 013424**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 9701393**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 $1 \times N$ 光スイッチ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 1 本の入力導波路に接続された 2 分岐光スイッチと、該 2 分岐光スイッチの出力に、さらに 1 または複数の 2 分岐光スイッチを縦続して接続し、 N 本 ($N \geq 3$) の出力導波路に接続するスイッチ部と、前記出力導波路の各々に接続され、光を透過から遮断まで連続的に調整可能な複数のゲート光スイッチとを含む $1 \times N$ 光スイッチにおいて、

前記 2 分岐光スイッチを駆動するために、ON 状態となる 2 分岐光スイッチが 1 個だけとなる複数のグループごとに集約して共有化された複数のスイッチ用駆動電源回路と、

前記ゲート光スイッチを駆動するために、全ての前記ゲート光スイッチで共有化されたゲート用駆動電源回路と、

前記 2 分岐光スイッチと前記ゲート光スイッチとの各々に接続され、前記駆動回路からの駆動電流を遮断する電気デジタルスイッチとを備えたことを特徴とする $1 \times N$ 光スイッチ。

【請求項 2】 1 本の入力導波路に接続された 2 分岐光スイッチと、該 2 分岐光スイッチの出力に、さらに 1 または複数の 2 分岐光スイッチを縦続して接続し、 N 本 ($N \geq 3$) の出力導波路に接続するスイッチ部と、前記出力導波路の各々に接続され、光を透過から遮断まで連続的に調整可能な複数のゲート光スイッチとを含む $1 \times N$ 光スイッチにおいて、

前記 2 分岐光スイッチを駆動するために、全ての前記 2 分岐光スイッチで共有化されたスイッチ用駆動電源回路と、

前記ゲート光スイッチを駆動するために、全ての前記ゲート光スイッチで共有化されたゲート用駆動電源回路と、

前記 2 分岐光スイッチと前記ゲート光スイッチとの各々に接続され、前記駆動回路からの駆動電流を遮断する電気デジタルスイッチとを備えたことを特徴とする $1 \times N$ 光スイッチ。

【請求項 3】 1 本の入力導波路に接続された 2 分岐光スイッチと、該 2 分

岐光スイッチの出力に、さらに1または複数の2分岐光スイッチを縦続して接続し、N本 ($N \geq 3$) の出力導波路に接続するスイッチ部と、前記出力導波路の各々に接続され、光を透過から遮断まで連続的に調整可能な複数のゲート光スイッチを含む $1 \times N$ 光スイッチにおいて、

前記2分岐光スイッチと前記ゲート光スイッチとを駆動するために、全ての前記2分岐光スイッチと全ての前記ゲート光スイッチとで共有化された駆動電源回路と、

前記2分岐光スイッチと前記ゲート光スイッチとの各々に接続され、前記駆動回路からの駆動電流を遮断する電気デジタルスイッチと

を備えたことを特徴とする $1 \times N$ 光スイッチ。

【請求項4】 前記2分岐光スイッチと共有化されたスイッチ用駆動電源回路とを接続する給電線、及び前記ゲート光スイッチと共有化されたゲート用駆動電源回路とを接続する給電線のそれぞれが共有化されていることを特徴とする請求項1または2に記載の $1 \times N$ 光スイッチ。

【請求項5】 前記2分岐光スイッチ及び前記ゲート光スイッチと、共有化された駆動電源回路とを接続する給電線が共有化されていることを特徴とする請求項3に記載の $1 \times N$ 光スイッチ。

【請求項6】 前記給電線は、前記スイッチ部と前記複数のゲート光スイッチと前記給電線とが集積化された光スイッチチップ上で共有化されていることを特徴とする請求項4または5に記載の $1 \times N$ 光スイッチ。

【請求項7】 前記給電線は、前記給電線と前記駆動電源回路と前記電気デジタルスイッチとが集積化された電気回路基板上で共有化されていることを特徴とする請求項4または5に記載の $1 \times N$ 光スイッチ。

【請求項8】 各々の前記2分岐光スイッチは、一方の出力が出力導波路に接続され、他方の出力が他の2分岐光スイッチの入力に接続され、または未接続として、タップ型構成により前記スイッチ部が構成されたことを特徴とする請求項1ないし7のいずれかに記載の $1 \times N$ 光スイッチ。

【請求項9】 前記2分岐光スイッチまたは前記ゲート光スイッチは、入出力ポートのうちの1つが未接続である 2×2 光スイッチで構成されていることを

特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の $1 \times N$ 光スイッチ。

【請求項 10】 前記 2 分岐光スイッチまたは前記ゲート光スイッチは、石英系光導波路を用いた光スイッチであることを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の $1 \times N$ 光スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、 $1 \times N$ 光スイッチに関し、より詳細には、光導波路型スイッチを多段に連結した集積型光スイッチである $1 \times N$ 光スイッチに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年のインターネットに代表されるデータ通信ネットワークにおいて、トラフィック量の急増に対応するために、波長多重分割 (WDM) 伝送等の光伝送技術を用いた大容量化が進められている。現在、光伝送技術は、ノード間を結ぶポイントーポイントの光リンクに用いられているのみで、ノード内の処理は依然として電氣的な処理を行っている。伝送容量の大容量化が進むにつれて、この電氣的な処理のスループットが伸び悩み、コストの増大が問題になっている。光スイッチを用いた光クロスコネクトシステム、光アドドロップ多重システムは、ノード内において大部分の光信号を光のままカットスルー処理することにより、スループットの飛躍的な増加と低コスト化を図ることができる。このように光スイッチは、大容量で柔軟な通信ネットワークを、低コストで構築するために必要不可欠なデバイスである。

【0003】

光スイッチは、様々な実現形態を有しているが、その中でも光導波路型スイッチは、量産性・小型化等の面で優れている。光導波路は、従来から様々な材料系により作製されている。シリコン基板上に作製される石英系光導波路は、低損失であり、安定性及び光ファイバとの整合性に優れているといった特徴を有する。また、アレイ導波路格子合分波器 (AWG) に代表される数多くの光部品が実用化されている。

【0004】

集積型光スイッチの1つである $1 \times N$ 光スイッチは、1個の入力ポートと任意の出力ポートとを接続することができる光スイッチである。監視装置への選択スイッチ、光源からの選択スイッチ、または、光クロスコネクトシステムにおいて、複数の $1 \times N$ 光スイッチを組み合わせた $N \times N$ 光マトリクススイッチ等が、応用例として重要性の高い光スイッチである。石英系導波路では、 1×128 の規模の $1 \times N$ 光スイッチが実現されている。

【0005】

図8に、従来のツリー型 1×8 光スイッチの構成を示す。光入力ポートに接続された 2×2 基本光スイッチの出力に、さらに 2×2 基本光スイッチを接続し、順次 2×2 基本光スイッチを縦続して接続することにより、3段構成でツリー型 1×8 光スイッチを実現する。a段目の上からb段目の 2×2 基本光スイッチをa-bという番号で表している。3段目の 2×2 基本光スイッチの出力導波路は、各々ゲート光スイッチを介して、光出力ポートに接続されている。上からc番目のゲート光スイッチを、G-cという番号で表している。各々の 2×2 基本光スイッチは、一方の入力に対して、他方の任意の出力導波路を選択して出力することができる。 2×2 基本光スイッチを多段に連結することで、全体で $1 \times N$ 光スイッチとして機能する。光出力ポートに接続されるゲート光スイッチは、ON/OFFを行うことにより消光比を改善する。

【0006】

図9に、従来のタップ型 1×8 光スイッチの構成を示す。光入力ポートに接続された 2×2 基本光スイッチの一方の出力導波路に、次段の 2×2 基本光スイッチの入力導波路と、他方の出力導波路に、光出力ポートに接続されるゲート光スイッチの入力導波路とを接続する。同様にして、8段構成で 2×2 基本光スイッチを接続する。図8ではツリー型の構成例を示したが、ツリー型構成とタップ型構成とを組み合わせてもよい。ここで、ツリー型構成は、スイッチ回路の小型化、低損失化に優れ、タップ型構成は、スイッチ回路の低消費電力化に優れるという特徴を有する。例えば、各々の特徴を生かした光スイッチの構成が、非特許文献1に開示されている。

【0007】

図10に、従来の 2×2 基本光スイッチの構成を示す。図8, 9に示した 2×2 基本光スイッチとして、様々な報告例がある。図10(a)は、石英系導波路に構成された 2×2 基本光スイッチ100の平面図である。図10(b)は、A-A'の断面図であり、図10(c)は、B-B'の断面図である。 2×2 基本光スイッチ100は、薄膜ヒータ101a, 101bを用いた熱光学位相シフタを有する2本のアーム導波路103a, 103bの両端を、それぞれ3dB結合器102a, 102bで接続したマッハツェンダー干渉計（以下、MZIという）型 2×2 光スイッチである。

【0008】

MZI型 2×2 光スイッチにおいて、2本のアーム導波路103a, 103bの長さが等しいものを対称型MZI、2本のアーム導波路103a, 103bに半波長の光路長差を設けているものを非対称型MZIと呼ぶ。対称型MZIにおいては、熱光学位相シフタを駆動しないときには、公知の干渉原理によりクロス経路（ポート1A→ポート2B）で光が伝搬し、熱光学位相シフタを駆動したときには、熱光学効果により半波長の光路長差が生じて、バー経路（ポート1A→ポート2A）で伝搬する。

【0009】

また、薄膜ヒータ101a, 101bへの駆動電流を調整して、2本のアーム導波路の光路長差をゼロから半波長に連続的に変化させると、光路がクロス経路からバー経路へ連続的に変化する。すなわち、ON/OFFスイッチとしてだけでなく、光を透過から遮断まで連続的に調整可能なアナログスイッチとしても動作する。従って、MZI型 2×2 光スイッチは、クロス経路とバー経路の分配比を調整することで、減衰器として動作させたり、マルチキャスト、ブロードキャストを行う分岐器として動作させることができる。

【0010】

図8, 9に示したゲート光スイッチは、非対称型MZIを用いている。非対称型MZIにおいては、熱光学位相シフタを駆動しないときには、バー経路（ポート1A→ポート2A）で光が伝搬し、熱光学位相シフタを駆動したときには、熱

光学効果により半波長の光路長差が打ち消されて、クロス経路（ポート 1 A→ポート 2 B）で光が伝搬する。ゲート光スイッチは、非対称型 MZI を用いた方が、消費電力を節約し、かつ高い消光比のクロスポートを用いることができる。

【0011】

石英系導波路を用いた熱光学スイッチは、火炎堆積法（FHD）や化学気相堆積法（CVD）などのガラス膜堆積技術と反応性イオンエッチング法（RIE）などの微細加工技術を組み合わせて作製される。具体的には、シリコンウェハ等の基板の上に、下部クラッド層となるガラス膜を、次に屈折率がクラッド層よりもやや高いコア層を堆積する。そして、光回路となるコアパターンを微細加工技術によりパターン化し、引き続き、上部クラッド層となるガラス膜を堆積する。最後に、熱光学位相シフタとなる薄膜ヒータとこれに給電を行う配線を形成して光スイッチチップが作製される。光スイッチチップに、給電線及び光ファイバを接続し、放熱フィン付きケースに収納して光スイッチモジュールが完成する。

【0012】

図 8 に示したツリー型の構成と図 10 に示した 2×2 基本光スイッチを用いて作製された 1×128 光スイッチでは、平均挿入損失 3.7 dB、平均 ON/OFF 消光比 50.8 dB の優れた特性が得られている（例えば、非特許文献 2 参照）。

【0013】

【非特許文献 1】

郷他、「石英系プレーナ光波回路、大規模集積石英系光学スイッチ」
NTT R&D, Vol.50, No.4, pp.272-280, 2001

【0014】

【非特許文献 2】

T.Watanabe et al., "Silica-based PLC 1×128 thermo-optic switch" Proc. 27th ECOC'01, Tu.L.1.2, Amsterdam, 2001

【0015】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の $1 \times N$ 光スイッチモジュールでは、熱光学位相シフタの

駆動回路、すなわち薄膜ヒータへの駆動電流供給回路の数が膨大な量になるという問題があった。図 1 1 に、従来のツリー型 1×8 光スイッチの駆動電流供給回路を示す。各々の 2×2 基本光スイッチの制御は、 2×2 基本光スイッチに個別に配線された駆動電流供給回路の給電線 1 1 ~ 1 4 に、それぞれアナログ調整可能な駆動電源回路を接続し、他方に駆動電流供給回路の制御線を接続して行う。なお、2 つの薄膜ヒータのうち、一方の薄膜ヒータのみに給電し、制御線は、図が煩雑になるために省略している。

【0 0 1 6】

$1 \times N$ 光スイッチの場合、必要な駆動電源回路は、ツリー型構成で

【0 0 1 7】

【数 1】

$$2^{(\log_2 N + 1)} - 1$$

【0 0 1 8】

個となり、タップ型構成で $2N$ 個となる。例えば、 1×128 光スイッチの場合には、ツリー型構成で 255 個、タップ型構成で 256 個もの駆動電源回路が必要になる。

【0 0 1 9】

本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、スイッチの機能を損なわずに、駆動電源回路を削減した $1 \times N$ 光スイッチを提供することにある。

【0 0 2 0】

【課題を解決するための手段】

本発明は、このような目的を達成するために、請求項 1 に記載の発明は、1 本の入力導波路に接続された 2 分岐光スイッチと、該 2 分岐光スイッチの出力に、さらに 1 または複数の 2 分岐光スイッチを縦続して接続し、 N 本 ($N \geq 3$) の出力導波路に接続するスイッチ部と、前記出力導波路の各々に接続され、光を透過から遮断まで連続的に調整可能な複数のゲート光スイッチとを含む $1 \times N$ 光スイッチにおいて、前記 2 分岐光スイッチを駆動するために、ON 状態となる 2 分岐光スイッチが 1 個だけとなる複数のグループごとに集約して共有化された複数の

スイッチ用駆動電源回路と、前記ゲート光スイッチを駆動するために、全ての前記ゲート光スイッチで共有化されたゲート用駆動電源回路と、前記 2 分岐光スイッチと前記ゲート光スイッチとの各々に接続され、前記駆動回路からの駆動電流を遮断する電気デジタルスイッチとを備えたことを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

請求項 2 に記載の発明は、1 本の入力導波路に接続された 2 分岐光スイッチと、該 2 分岐光スイッチの出力に、さらに 1 または複数の 2 分岐光スイッチを縦続して接続し、N 本 ($N \geq 3$) の出力導波路に接続するスイッチ部と、前記出力導波路の各々に接続され、光を透過から遮断まで連続的に調整可能な複数のゲート光スイッチとを含む $1 \times N$ 光スイッチにおいて、前記 2 分岐光スイッチを駆動するために、全ての前記 2 分岐光スイッチで共有化されたスイッチ用駆動電源回路と、前記ゲート光スイッチを駆動するために、全ての前記ゲート光スイッチで共有化されたゲート用駆動電源回路と、前記 2 分岐光スイッチと前記ゲート光スイッチとの各々に接続され、前記駆動回路からの駆動電流を遮断する電気デジタルスイッチとを備えたことを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

請求項 3 に記載の発明は、1 本の入力導波路に接続された 2 分岐光スイッチと、該 2 分岐光スイッチの出力に、さらに 1 または複数の 2 分岐光スイッチを縦続して接続し、N 本 ($N \geq 3$) の出力導波路に接続するスイッチ部と、前記出力導波路の各々に接続され、光を透過から遮断まで連続的に調整可能な複数のゲート光スイッチとを含む $1 \times N$ 光スイッチにおいて、前記 2 分岐光スイッチと前記ゲート光スイッチとを駆動するために、全ての前記 2 分岐光スイッチと全ての前記ゲート光スイッチとで共有化された駆動電源回路と、前記 2 分岐光スイッチと前記ゲート光スイッチとの各々に接続され、前記駆動回路からの駆動電流を遮断する電気デジタルスイッチとを備えたことを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 1 または 2 に記載の $1 \times N$ 光スイッチにおいて、前記 2 分岐光スイッチと共有化されたスイッチ用駆動電源回路とを接続する給電線、及び前記ゲート光スイッチと共有化されたゲート用駆動電源回路とを接

続する給電線のそれぞれが共有化されていることを特徴とする。

【0024】

請求項5に記載の発明は、請求項3に記載の1×N光スイッチにおいて、前記2分岐光スイッチ及び前記ゲート光スイッチと、共有化された駆動電源回路とを接続する給電線が共有化されていることを特徴とする。

【0025】

請求項6に記載の発明は、請求項4または5に記載の前記給電線は、前記スイッチ部と前記複数のゲート光スイッチと前記給電線とが集積化された光スイッチチップ上で共有化されていることを特徴とする。

【0026】

請求項7に記載の発明は、請求項4または5に記載の前記給電線は、前記給電線と前記駆動電源回路と前記電気デジタルスイッチとが集積化された電気回路基板上で共有化されていることを特徴とする。

【0027】

請求項8に記載の発明は、請求項1ないし7のいずれかに記載の各々の前記2分岐光スイッチは、一方の出力が出力導波路に接続され、他方の出力が他の2分岐光スイッチの入力に接続され、または未接続として、タップ型構成により前記スイッチ部が構成されたことを特徴とする。

【0028】

請求項9に記載の発明は、請求項1ないし8のいずれかに記載の前記2分岐光スイッチまたは前記ゲート光スイッチは、入出力ポートのうちの1つが未接続である2×2光スイッチで構成されていることを特徴とする。

【0029】

請求項10に記載の発明は、請求項1ないし9のいずれかに記載の前記2分岐光スイッチまたは前記ゲート光スイッチは、石英系光導波路を用いた光スイッチであることを特徴とする。

【0030】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施形態を詳細に説明する。複数の2×2基本

光スイッチで構成された $1 \times N$ 光スイッチにおいて、ON 状態となる 2×2 基本光スイッチは、ある制約の下に存在する。ツリー型 $1 \times N$ 光スイッチの段数を最大 n 段 ($1 \leq n \leq \log_2 N$) とすると、入力導波路から任意の m 段目 ($1 \leq m \leq n$) の 1×2 基本スイッチは、 2^{m-1} 個存在する。例えば、図 11 に示したツリー型 1×8 光スイッチの場合、3 段目には 4 個の 2×2 基本光スイッチ 3-1, 3-2, 3-3, 3-4 が存在する。通常のユニキャストの場合には、4 個の 2×2 基本光スイッチのうち、ON 状態となる基本光スイッチは 1 個だけであり、光出力ポートに接続される N 個のゲート光スイッチのうち、ON 状態となるゲート光スイッチは 1 個だけである。

【0031】

従って、 2×2 基本光スイッチを、ON 状態となる 2×2 基本光スイッチが 1 個だけとなる複数のグループ、すなわち上述した例では各段ごとのグループに分け、駆動電源回路をグループごとに集約して共有化することができる。共有化を完全に行えば、駆動電源回路の数を最も削減することができるが、部分的であっても、削減された数に見合った効果が得られる。給電線の共有化を、 $1 \times N$ 光スイッチを集積化したチップ上で行ってもよいし、 $1 \times N$ 光スイッチを集積化したチップを、制御線を集積したモジュール基板に実装し、モジュール基板上で給電線の共有化を行ってもよい。

【0032】

(第 1 の実施形態)

図 1 に、本発明の第 1 の実施形態にかかるツリー型 1×8 光スイッチの構成を示す。光入力ポートに接続された 2×2 基本光スイッチに、さらに 2×2 基本光スイッチを接続し、順次 2×2 基本光スイッチを縦続して接続することにより、3 段構成でツリー型 1×8 光スイッチを実現する。3 段目の 2×2 基本光スイッチの出力導波路は、各々ゲート光スイッチを介して、光出力ポートに接続されている。 2×2 基本光スイッチは、図 10 に示したアーム長が対称な対称型 MZI を用いる。ゲート光スイッチは、アーム長が半波長分ずれた非対称型 MZI を用いている。このように構成することで、電流を流さないときの消光比を大きくとることができ、他のポートからの光を遮断する効果が大きくなる。各々の 2×2

基本光スイッチの制御は、駆動電流供給回路の給電線 2 1 ~ 2 4 に、それぞれアナログ調整可能な駆動電源回路を接続し、他方に駆動電流供給回路の制御線を接続して行う。なお、2 × 2 基本光スイッチにおける 2 つの薄膜ヒータのうち、一方の薄膜ヒータのみに給電し、制御線は、図が煩雑になるために省略している。

【 0 0 3 3 】

図 2 に、第 1 の実施形態にかかるツリー型 1 × 8 光スイッチの駆動電流供給回路を示す。図 1 に示したツリー型 1 × 8 光スイッチの 2 × 2 基本光スイッチ 1 - 1, 2 - 1 を、拡大して示した。駆動電流供給回路の給電線 2 1 には、アナログ調整可能な駆動電源回路 3 1 が接続され、駆動電流供給回路の制御線 5 1 には、電気デジタルスイッチ 4 1 が接続されている。その他の駆動電流供給回路についても同様である。電気デジタルスイッチ 4 1, 4 2 は、トランジスタ回路が多数集積された IC を用いており、TTL レベルの入力により導通／遮断することができ、2 × 2 基本光スイッチを ON / OFF 状態にする。

【 0 0 3 4 】

従来の構成と大きく異なる点は、駆動電源回路を共有化している点である。本実施形態においては、例えば、3 段目に存在する 4 個の 2 × 2 基本光スイッチ 3 - 1 ~ 3 - 4 を、駆動電流供給回路の給電線に並列接続して、駆動電源回路を共有化している。2 段目に存在する 2 個の 2 × 2 基本光スイッチ 2 - 1, 2 - 2 と、8 個のゲート光スイッチ G - 1 ~ G - 8 も同様に共有化する。このようにして、駆動電源回路の数を従来の 1 5 個から 4 個に削減することができる。また、駆動電流供給回路の給電線も共有化することができるので、配線面積を削減できるとともに、光スイッチチップと駆動電源回路とを接続する電気接続端子も削減することができる。

【 0 0 3 5 】

ここで、石英系導波路を用いた光スイッチチップの作製法について説明する。第 1 の実施形態にかかる 1 × 8 光スイッチの光スイッチチップは、厚さ 1 mm、直径 4 インチのシリコン基板上に、公知の技術を用いて作製した。石英系導波路は、SiCl₄、Cl₄などの原料ガスの加水分解反応を利用した火炎加水分解反応堆積技術により、石英系ガラス膜の堆積技術と反応性イオンエッチング技術

との組み合わせにより作製する。局所加熱用の薄膜ヒータは、真空蒸着法及びエッチングにより作製する。導波路のコアの断面寸法は、 $6\mu\text{m}$ 角であり、コアとクラッド間の比屈折率差は0.75%である。このウェハをダイシングにより切り出してセラミック基板に固定し、光入力ポート、光出力ポートにシングルモードファイバを接続する。各薄膜ヒータには、電気接続端子を介して駆動電源回路と電気デジタルスイッチとを接続し、 1×8 光スイッチモジュールを構成する。

【0036】

1×8 光スイッチモジュールには、制御信号のシリアル／パラレル変換回路を搭載した電気回路基板も含んでいる。シリアル／パラレル変換回路は、シリアル信号で入力された制御情報を、TTLレベルのパラレル信号に変換して出力し、15個の電気デジタルスイッチに入力する。

【0037】

このようにして、 1×8 光スイッチモジュールの電気接続端子数は、シリアル／パラレル変換回路を制御する3本程度のシリアル制御信号線と、4個の駆動電源回路を接続する給電線と、グランド線の8本程度であり、電気接続端子数も削減することができる。この削減効果は、光マトリクススイッチチップの規模が大きいものほど、その効果が大きくなる。例えば 1×128 光スイッチにおいては、光スイッチ数255個へ接続されているパラレル信号線255本が20本程度に削減される。なお、電気デジタルスイッチ等の電気回路は、光スイッチモジュール内での集積に限定されるものではなく、光スイッチモジュール外での集積でも構わないが、電気接続端子の削減及び集積化によるシステムの小型化という観点からは、光スイッチモジュール内に集積した方が好ましい。

【0038】

図3に、本発明の一実施形態にかかるツリー型 1×128 光スイッチモジュールを示す。ツリー型 1×128 光スイッチモジュールは、 1×128 光スイッチチップ301と電気回路基板302とから構成されている。 1×128 光スイッチチップ301は、Si基板上に対称型MZIを用いた 2×2 基本光スイッチが、ツリー状に7段形成されている。各 2×2 基本光スイッチとゲート光スイッチの駆動電流供給回路の給電線311は、各段で共有化され、給電線の本数が25

5本から8本に大幅に減少するので、基板面積を低減することができる。

【0039】

一方、駆動電流供給回路の制御線312は、電極パッド313、金ワイヤ314及び電極パッド321を介して、電気回路基板302に搭載された電気デジタルスイッチのIC322aに接続されている。IC322a～hは、直列に接続され、共通のクロック信号、データ信号、ラッチ信号などの制御信号線323によって駆動することができる。例えば、1MHzのクロック信号を用いて、時間軸上に各薄膜ヒータのオン／オフの制御情報を割り当てたシリアル信号を、1タイムフレームごとにラッチする。このような時分割多重されたシリアル信号を、シリアル／パラレル変換回路により、255個の電気デジタルスイッチに入力するパラレル信号に変換する。このようにして、全ての薄膜ヒータを、3本の制御信号線によって駆動することができる。

【0040】

このようにして作製された1×N光スイッチは、以下のように様々な機能を実現することができる。

【0041】

(a) ユニキャスト動作

駆動電源回路の出力電圧は、MZI型光スイッチのON状態に最適な動作電圧に調整する。シリアル制御信号線を介して、各段の2×2基本光スイッチのうち、所望の1個の2×2基本光スイッチに接続された電気デジタルスイッチを導通(ON)状態にし、他の電気デジタルスイッチを遮断(OFF)状態にする。このようにして、光入力ポートからの光を、任意の光出力ポートに出力することができる。さらに、出力するゲート光スイッチのみをON状態にし、他のゲート光スイッチをOFF状態にすることにより消光比も改善する。このときの挿入損失は、例えば1×128光スイッチにおいて、3.7dBであり、消光比は51dBと十分な特性が得られた。

【0042】

(b) 印加電圧の調整機能

上述したようにユニキャスト動作では、電気デジタルスイッチを導通(ON)

状態にしている 2×2 基本光スイッチは、各段で2つ以上存在しないので、各段で駆動電源回路を共有化しても、動作時には1つの 2×2 基本光スイッチにしか接続されない。従って、電気デジタルスイッチが導通（ON）になっている 2×2 基本光スイッチに印加する電圧を、個別に調整して駆動することもできる。

【0043】

印加電圧の調整機能を利用して、 2×2 基本光スイッチの作製誤差に起因する最適動作電圧のばらつきを、個々に補償することができる。通常、作製される 2×2 基本光スイッチは、その作製誤差により、最適動作電圧がわずかにばらつくことがある。最適動作電圧のばらつきを有する 2×2 基本光スイッチを、同一の電圧で駆動すると、その挿入損失や消光比もばらつくので特性が劣化する。各 2×2 基本光スイッチの最適な印加電圧を事前に測定し、個々に調整して加えることによりこの特性劣化を防ぐことができる。

【0044】

(c) 挿入損失の均一化

最終段のゲート光スイッチを、光を透過から遮断まで連続的に調整可能な可変光減衰器として用いて、ON状態の損失を調整することにより、 $1 \times N$ 光スイッチの光出力ポート間の損失を均一にすることができる。上述したように、 2×2 基本光スイッチの作製誤差等により、 2×2 基本光スイッチの印加電圧を最適動作電圧に調整しても、 $1 \times N$ 光スイッチ内の光経路において、挿入損失がわずかにばらつく。この値は、 1×8 光スイッチの場合で1 dB程度である。最終段のゲートスイッチにおいて、損失の小さい光経路の損失を大きくして、損失が最も大きい光経路の損失に合わせることで、光出力ポート間の損失のばらつきを低減することができる。

【0045】

なお、MZI型光スイッチを構成する2個の3 dB結合器には、二本の導波路を数 μ mまで近接して構成した方向性結合器を用いた。方向性結合器は、他の手段に比べて挿入損失が低いためである。しかしながら、3 dB結合器は、この構成に限定されるものではなく、他の手段、例えばマルチモード導波路を用いたマルチモード干渉計（MMI）カプラ、これらカプラを複数個従属接続して構成さ

れる波長無依存カプラ (WINC) などであってもよい。

【0046】

(第2の実施形態)

図4に、本発明の第2の実施形態にかかるツリー型1×8光スイッチの構成を示す。第1の実施形態と異なる点は、2×2基本光スイッチとゲート光スイッチの駆動電源回路を、1つの駆動電源回路で共有化している点である。上述した(a)のユニキャスト動作を実現することができ、駆動電源回路の数を4個から1個に減らすことができる。ただし、2×2基本光スイッチとゲート光スイッチとに印加する電圧を、個別に調整することができないため、上述した(b)印加電圧の調整機能と、(c)挿入損失の均一化とを有さず、挿入損失、消光比の特性劣化がわずかに生じる。

【0047】

(第3の実施形態)

図5に、本発明の第3の実施形態にかかる複合型1×8光スイッチの構成を示す。第3の実施形態は、ツリー型構成とタップ型構成とを組み合わせた複合型である。各段ごとに、2×2基本光スイッチの駆動電源回路を共有化し、全てのゲート光スイッチの駆動電源回路を共有化している。駆動電源回路は6個となり、第1の実施形態より多いが、従来例の15個よりは大幅に削減されている。第1、第2の実施形態と同様に(a)ユニキャスト動作を実現することができる。また、(b)印加電圧の調整機能と、(c)挿入損失の均一化も実現することができる。

【0048】

以上、個々の具体例を掲げたが、駆動電源回路の共有化、ツリー型とタップ型の構成方法は、種々の組み合わせがある。その主なものを表1に示した。駆動電源回路の数は、1×8光スイッチを例として記載した。

【0049】

【表 1】

基本光スイッチ	全て共有化		全て共有化		各段で共有化		共有化なし	
ゲート光スイッチ			全て共有化		全て共有化		共有化なし	
ツリー／タップ	Tree	Tap	Tree	Tap	Tree	Tap	Tree	Tap
駆動電源回路の数	1	1	2	2	4	9	15	16
機能 (a)	○	○	○	○	○	○	○	○
機能 (b)	△	△	×	×	○	○	○	○
機能 (c)	△	×	○	○	○	○	○	○

【0050】

なお、表 1 の全ての共有化において、ユニキャスト動作を実現することができる。最右列の従来例においては、駆動電源回路の共有化を行っていないため、 2×2 基本光スイッチの数だけ駆動回路が必要であり、ツリー型で 15 個、タップ型構成で 16 個必要である。それに対して各段ごとに駆動電源回路の共有化を行い、ゲート光スイッチを共有化すると、ツリー型（第 1 の実施形態）で 4 個、タップ型構成で 9 個と大幅に減少することができる。また、(b) 印加電圧の調整機能と、(c) 挿入損失の均一化も損なわれることがない。

【0051】

さらに共有化を進めた場合には、さらに駆動電源回路の数が低減できるかわりに (b)、(c) の機能が損なわれるトレードオフが存在するが、特性と駆動電源回路の数を考慮して最適なものを選別することができる。また、表 1 にツリー型構成とタップ型構成との複合型の記述はないが、共有化の分類ごとに、ツリー型とタップ型との差異がないことから、複合型も同様に考えることができる。

【0052】

(第 4 の実施形態)

図 6 に、本発明の第 4 の実施形態にかかるツリー型 1×8 光スイッチの構成を示す。第 1 の実施形態では、 2×2 基本光スイッチにおける 2 つの薄膜ヒータのうち、一方の薄膜ヒータのみに給電した。第 4 の実施形態では、2 つの薄膜ヒータに給電を行う。各々の 2×2 基本光スイッチの制御は、駆動電流供給回路の給電線 71～74 に、それぞれアナログ調整可能な駆動電源回路を接続し、他方に制御線を接続して行う。

【0 0 5 3】

図 7 に、第 4 の実施形態にかかるツリー型 1×8 光スイッチの駆動電流供給回路を示す。図 6 に示したツリー型 1×8 光スイッチの 2×2 基本光スイッチ 1-1, 2-1 を、拡大して示した。駆動電流供給回路の給電線 7 1 の一方は、2 つの薄膜ヒータに接続され、他方は、アナログ調整可能な駆動電源回路 3 1 に接続されている。第 1 の実施形態と同様に、各段ごとに駆動電源回路を共有化する。駆動電流供給回路の制御線 8 1 a には、電気デジタルスイッチ 4 1 a が、制御線 8 1 b には、電気デジタルスイッチ 4 1 b が接続され、それぞれ個別に薄膜ヒータを駆動する。その他の駆動電流供給回路についても同様である。

【0 0 5 4】

このような構造により、上述した (b) 印加電圧の調整機能において、印加電圧を個別に調整する際に、プラス方向とマイナス方向の両側に拡大することができる。対称型 M Z I は、通常、薄膜ヒータに電圧を加えない状態では、バー経路へのクロストークが最少になる。しかしながら、 2×2 基本光スイッチの作製誤差等によりこの最適点がずれることがある。電圧を加えない状態で最適点がプラス側またはマイナス側どちらにずれたとしても、本実施形態によれば、最適電圧を、最も少ない消費電力で印加することができる。

【0 0 5 5】

このように両側のアーム導波路に個別にヒータを設けることにより、一方の薄膜ヒータを、予備用ヒータとして用いることもできる。例えば、いずれかの 2×2 基本光スイッチの一方の薄膜ヒータに損傷が起きても、本実施形態によれば、他方の薄膜ヒータを独立に駆動できるため、引き続き光スイッチ動作を滞りなく行うことができる。このようにして、 $1 \times N$ 光スイッチが故障する確率を大幅に低減することができる。

【0 0 5 6】

反面、電気デジタルスイッチの個数が倍になり、駆動電流供給回路が、短距離ではあるが 2 倍の本数になるというトレードオフが存在し、基板上の配線部分の面積が増大する。しかしながら、本実施形態によれば、駆動電源回路の共有化により、給電線の共有化、電気デジタルスイッチを含む IC の採用と併せて、配線

部分の面積の増大を最小限に押さえている。

【0057】

第4の実施形態では、第1の実施形態の 2×2 基本光スイッチにおいて、両側の薄膜ヒータを駆動する例を掲げたが、第2～第4の実施形態を含むその他の形態においても同様の構造をとることができる。また、上述した実施形態では、 2×2 基本光スイッチを多段に連結して構成したが、 1×2 光スイッチなど他の2分岐光スイッチを多段に連結してもよい。

【0058】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、2分岐光スイッチを駆動するための駆動電源回路を共有化することにより、ユニキャスト動作などの機能を損なわずに、駆動電源回路の数を削減して、光スイッチの小型化を図ることが可能となる。

【0059】

また、本発明によれば、光スイッチチップ、電気回路基板、または光スイッチモジュールの小型化、電気接続端子数の削減も図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施形態にかかるツリー型 1×8 光スイッチの構成を示す接続図である。

【図2】

第1の実施形態にかかるツリー型 1×8 光スイッチの駆動電流供給回路を示す接続図である。

【図3】

本発明の一実施形態にかかるツリー型 1×128 光スイッチモジュールを示す実装構成図である。

【図4】

本発明の第2の実施形態にかかるツリー型 1×8 光スイッチの構成を示す接続図である。

【図5】

本発明の第 3 の実施形態にかかる複合型 1×8 光スイッチの構成を示す接続図である。

【図 6】

本発明の第 4 の実施形態にかかるツリー型 1×8 光スイッチの構成を示す接続図である。

【図 7】

第 4 の実施形態にかかるツリー型 1×8 光スイッチの駆動電流供給回路を示す接続図である。

【図 8】

従来のツリー型 1×8 光スイッチの構成を示す接続図である。

【図 9】

従来のタップ型 1×8 光スイッチの構成を示す接続図である。

【図 10】

従来の 2×2 基本光スイッチの構成を示す図である。

【図 11】

従来のツリー型 1×8 光スイッチの駆動電流供給回路を示す接続図である。

【符号の説明】

1 ～ 8, 100 2×2 基本光スイッチ

G ゲート光スイッチ

11 ～ 14, 21 ～ 24, 61 ～ 66, 71, 72, 311 給電線

51, 52, 81, 82, 312 制御線

31, 32 駆動電源回路

41, 42 電気デジタルスイッチ

101 薄膜ヒータ

102 3 dB 結合器

103 アーム導波路

111 クラッド層

112 基板

301 1×128 光スイッチチップ



3 1 3, 3 2 1 電極パッド

3 1 4 金ワイヤ

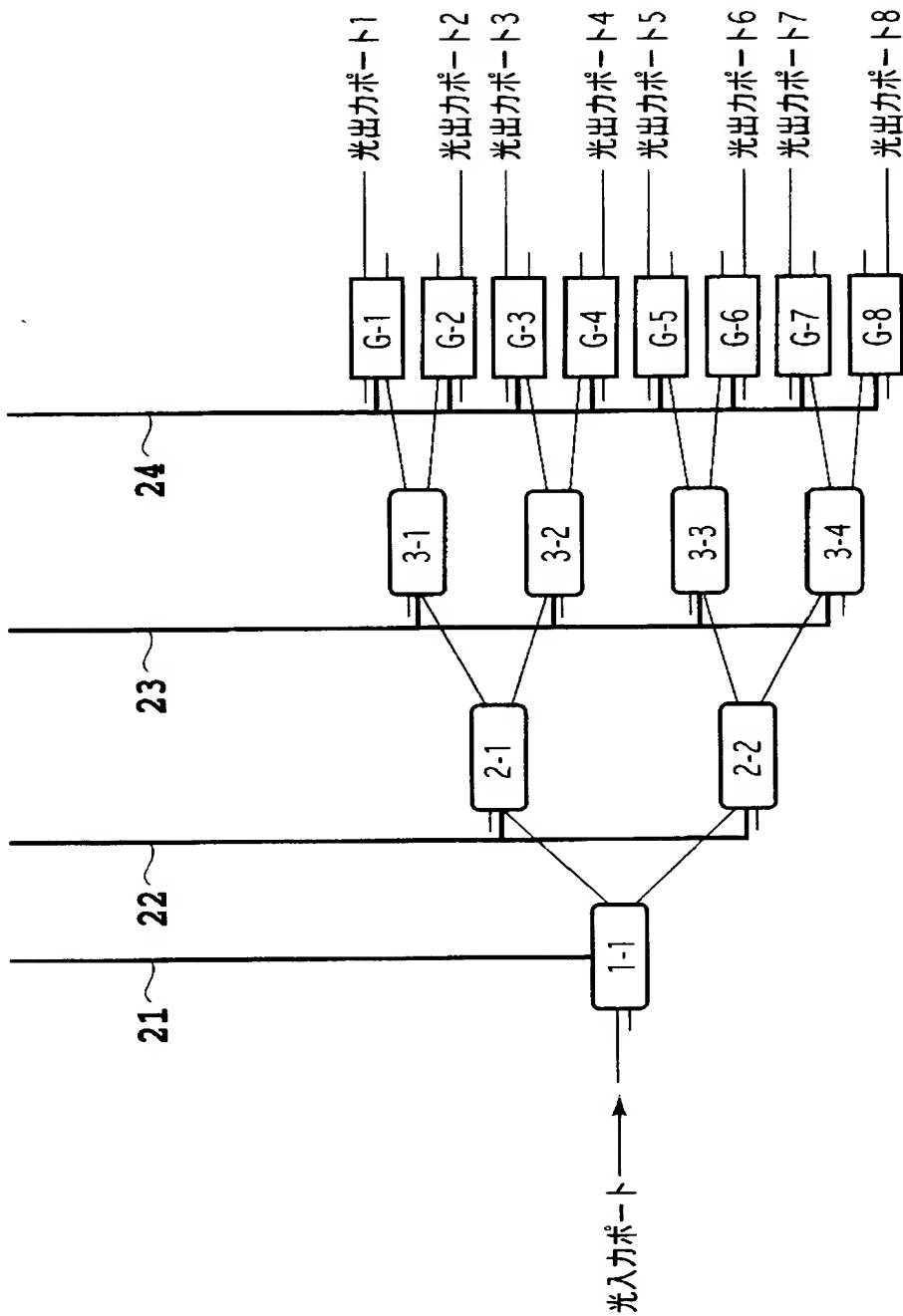
3 0 2 電気回路基板

3 2 2 I C

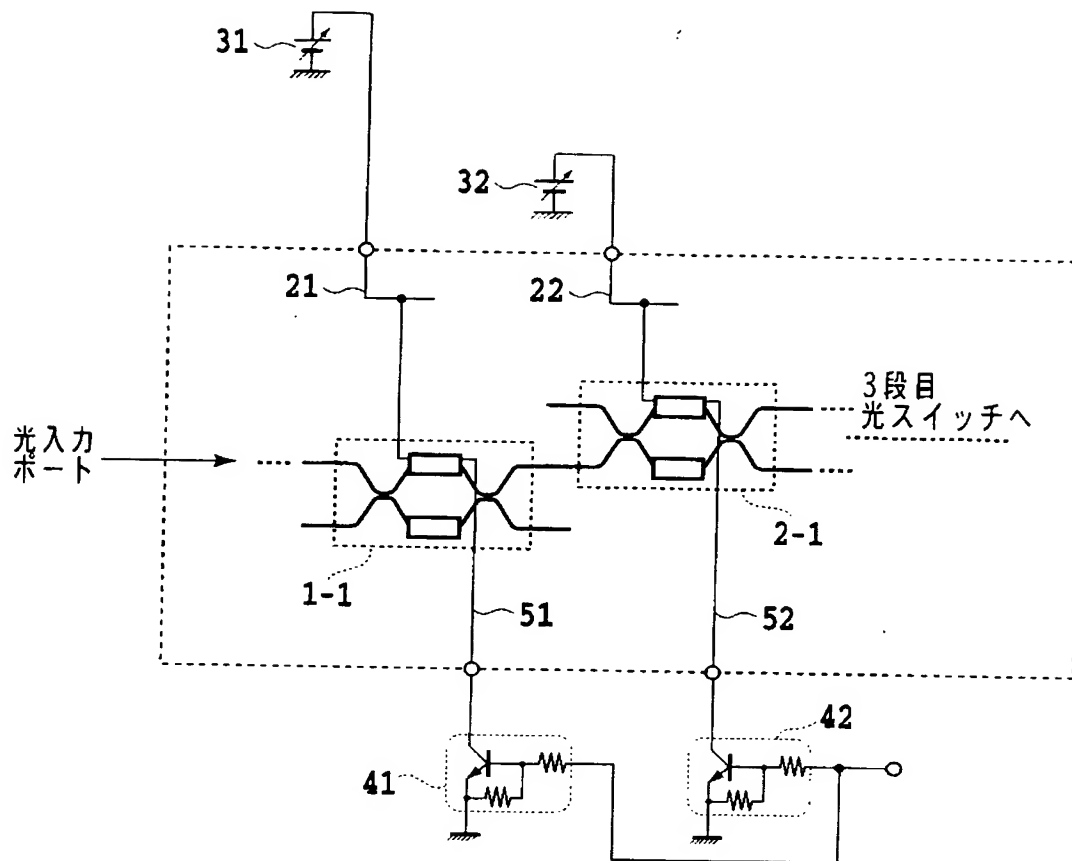
3 2 3 制御信号線

【書類名】 図面

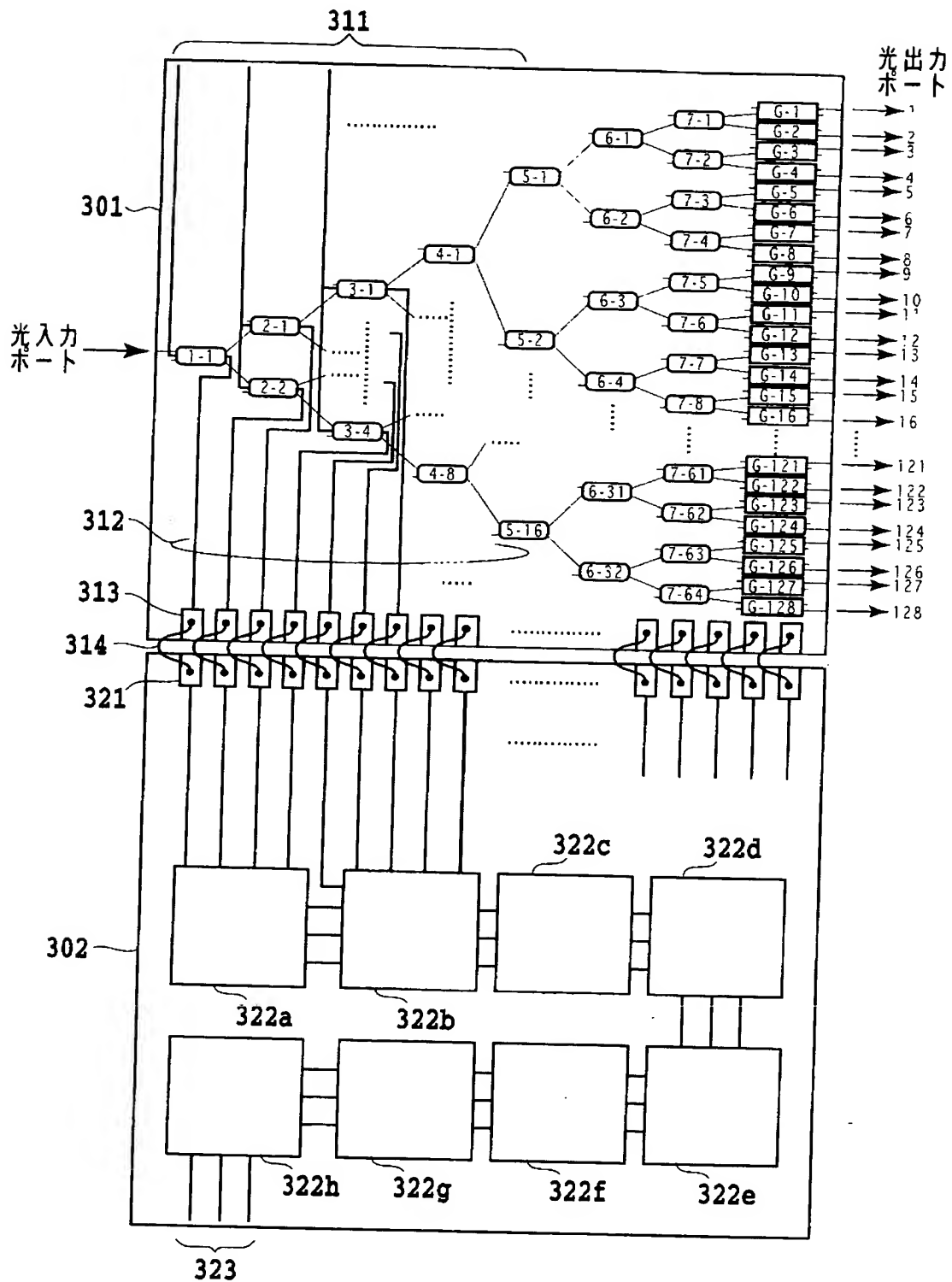
【図 1】



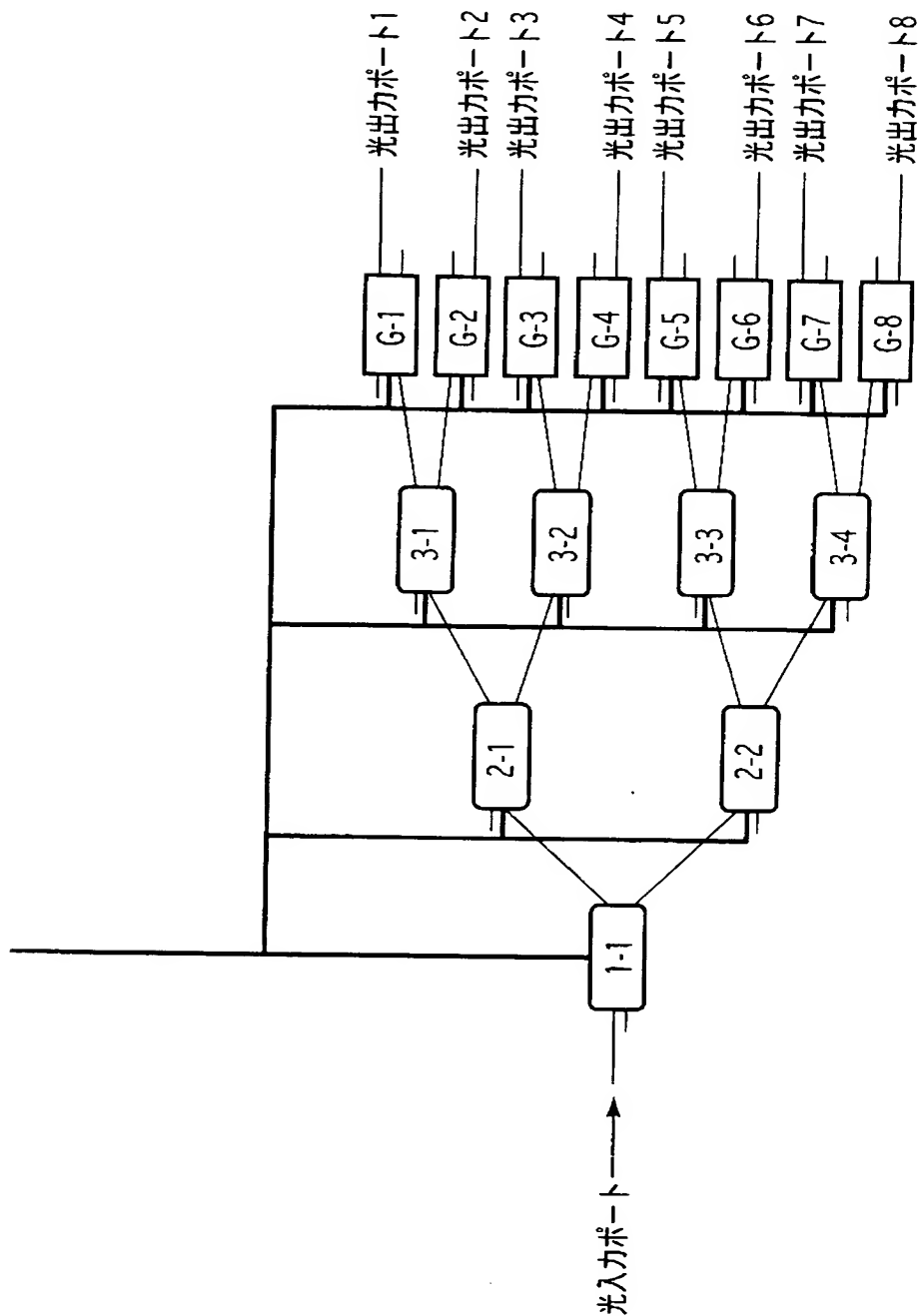
【図 2】



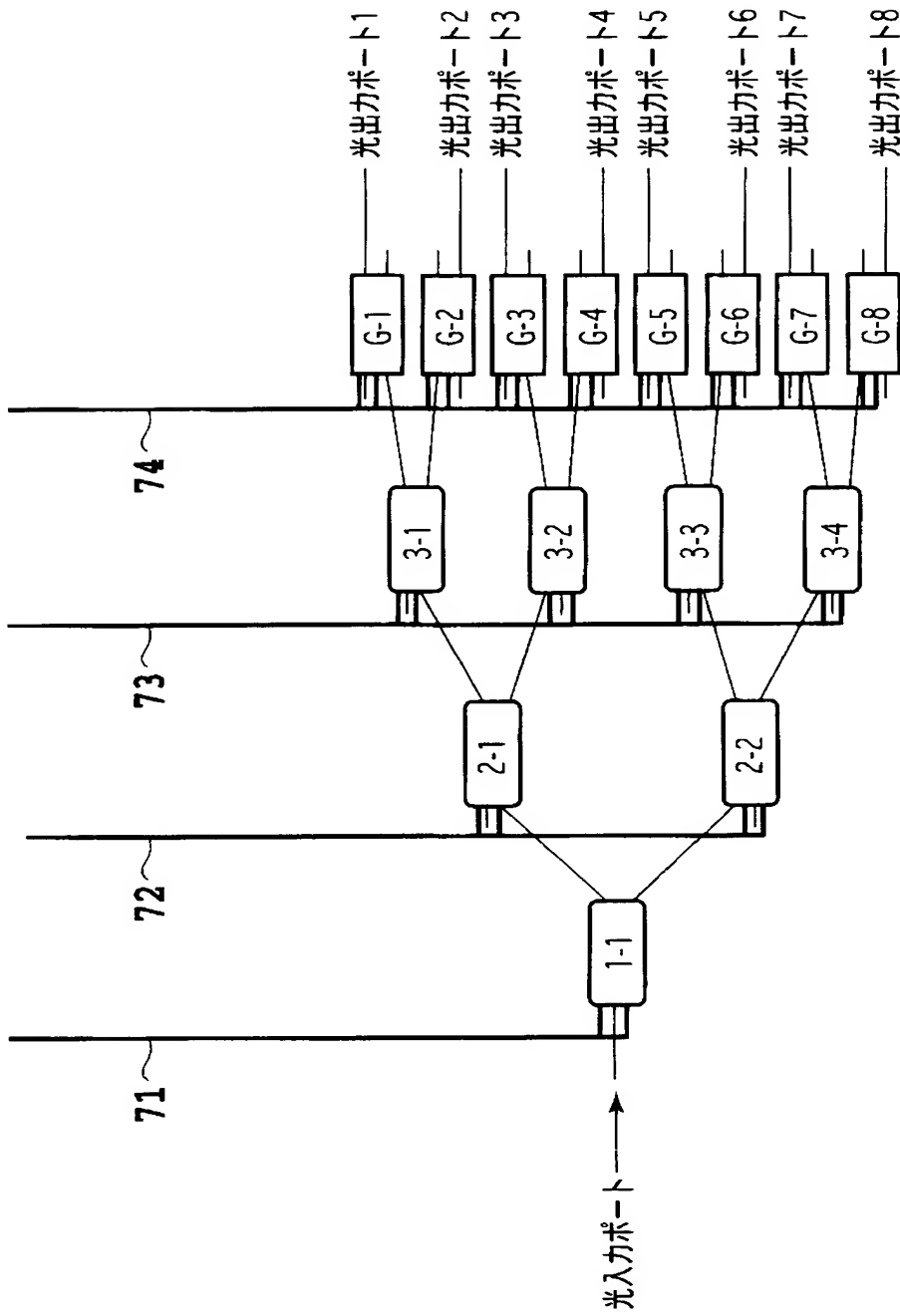
【図 3】



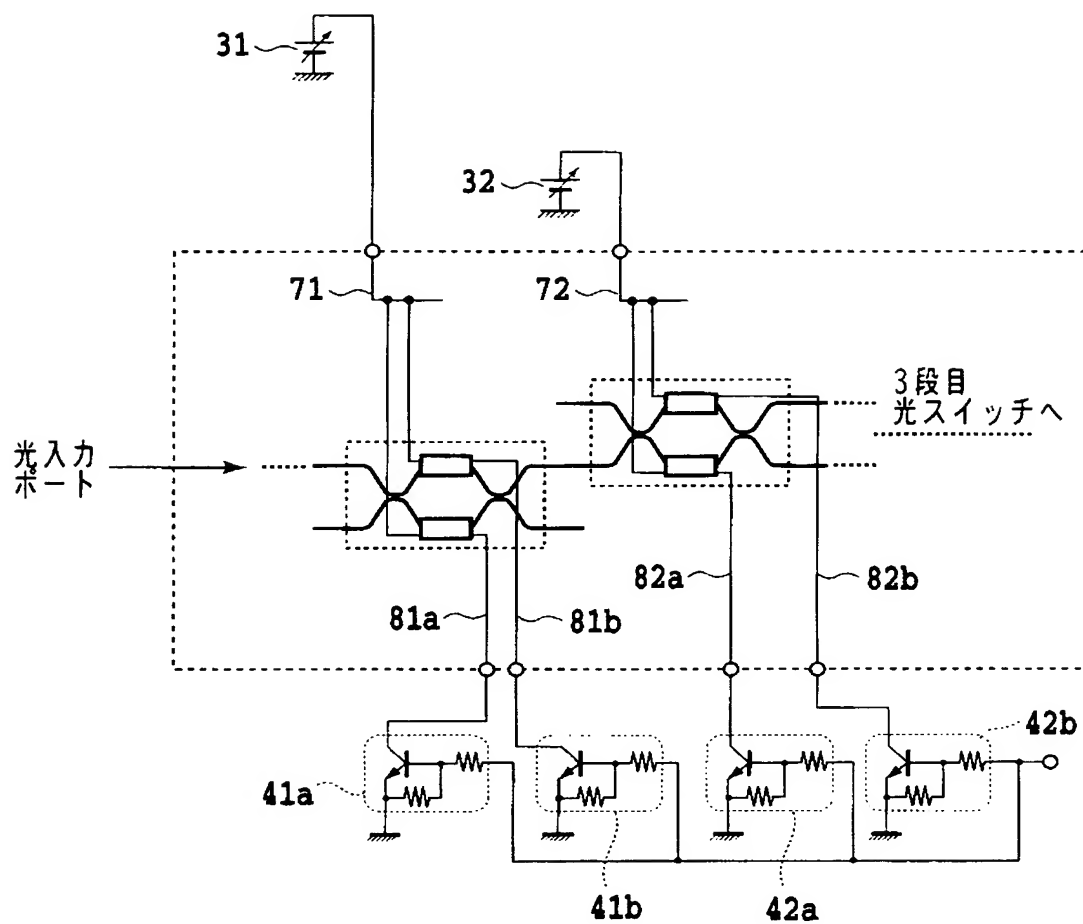
【図 4】



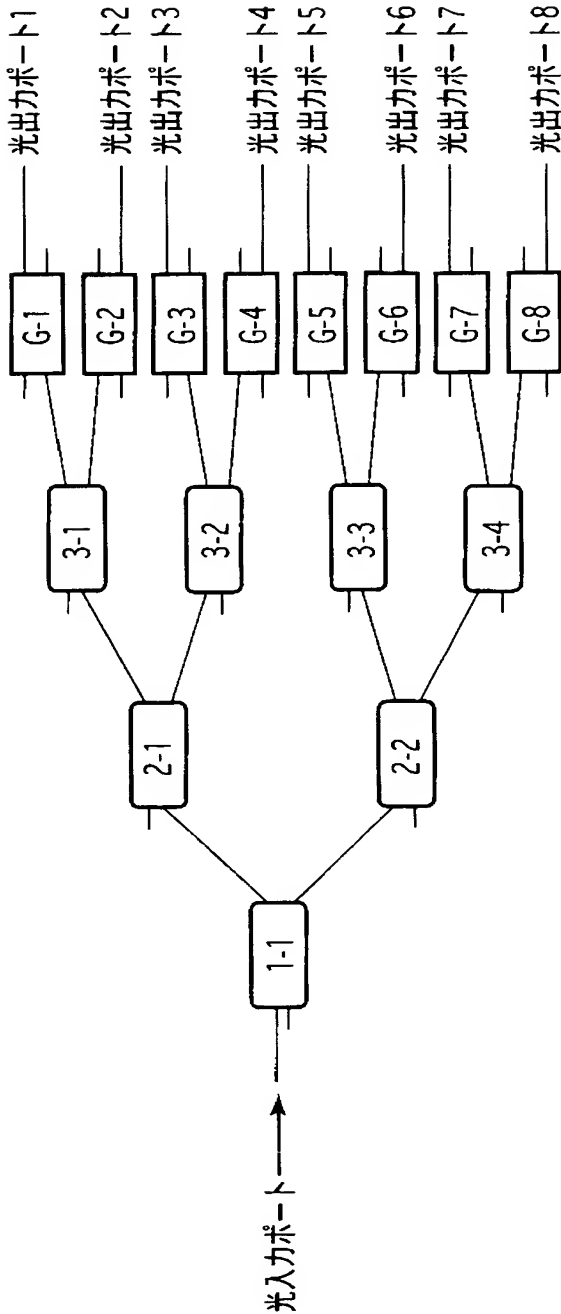
【図 6】



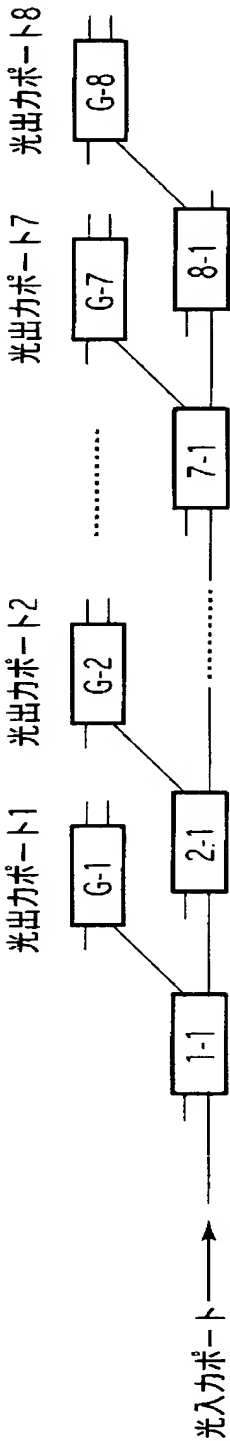
【図 7】



【図 8】

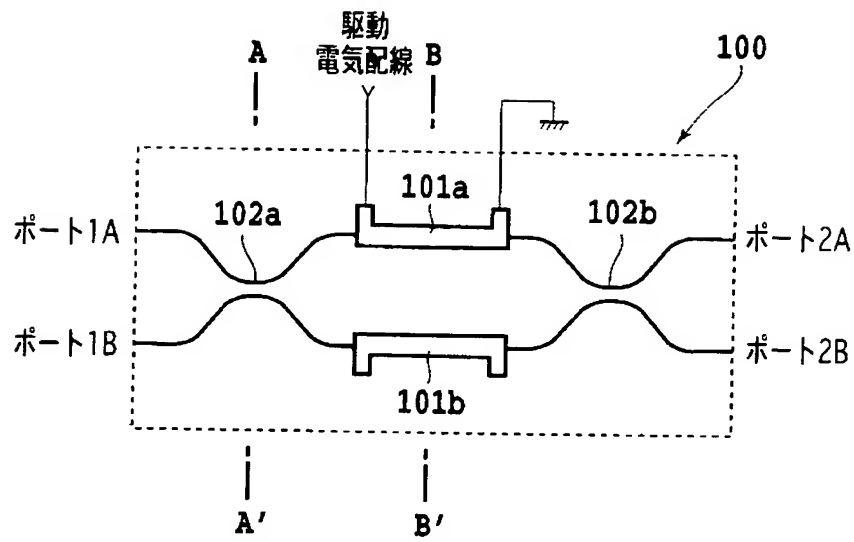


【図 9】

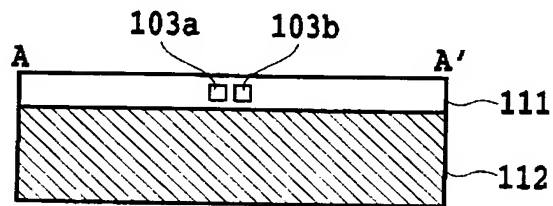


【図 10】

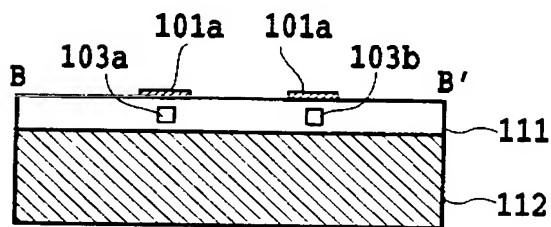
(a)



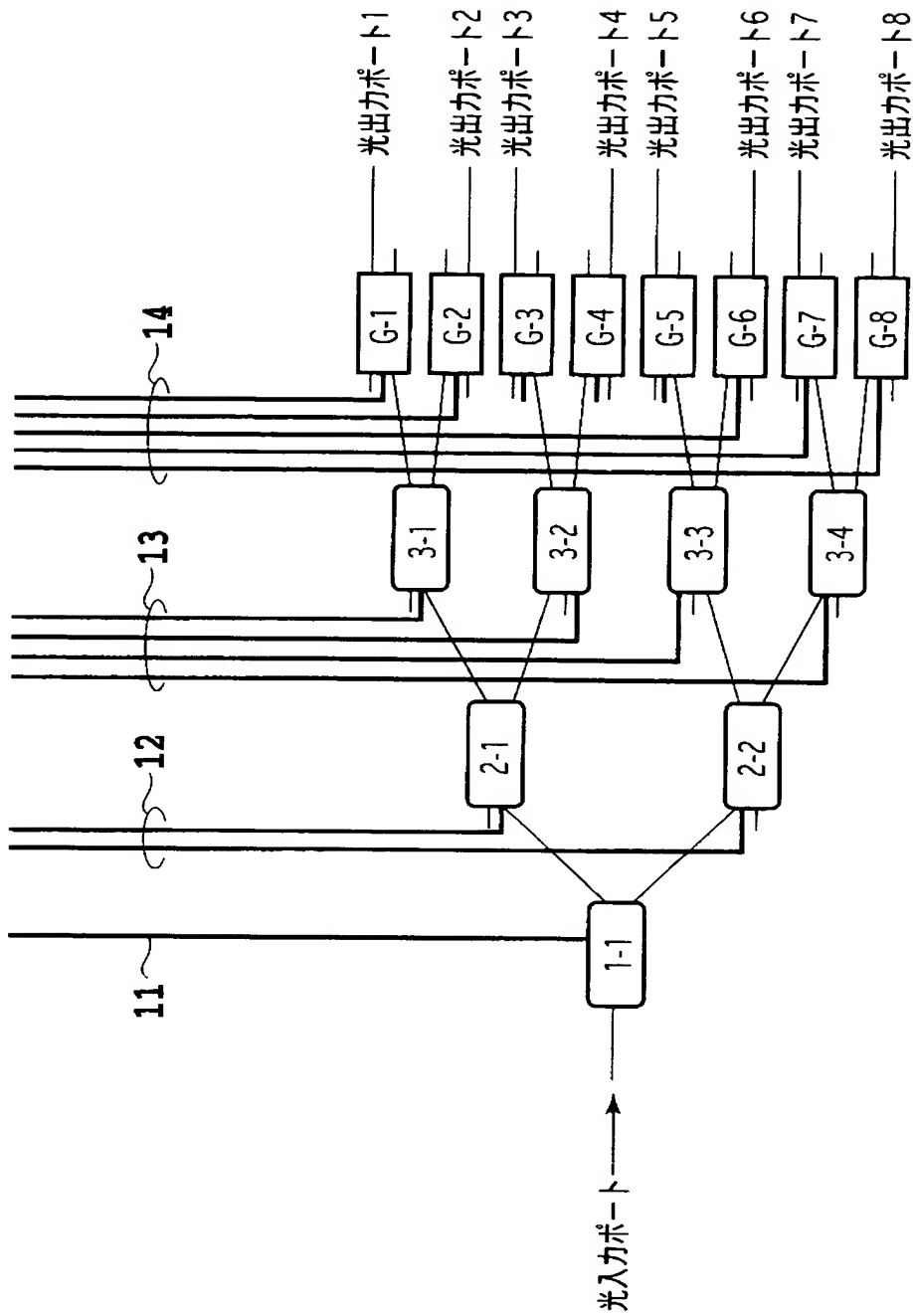
(b)



(c)



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 スイッチの機能を損なわずに、駆動電源回路を削減する。

【解決手段】 入力導波路に接続された 2 分岐光スイッチ 1-1 と、2 分岐光スイッチ 1-1 の出力に、さらに 1 または複数の 2 分岐光スイッチ 2-1, 2-2, 3-1 ~ 3-4 を縦続して接続し、N 本（8 本）の出力導波路に接続するスイッチ部と、出力導波路の各々に接続されたゲート光スイッチ G-1 ~ G-8 とを含む 1 × N 光スイッチにおいて、駆動電源回路を、ON 状態となる 2 分岐光スイッチが 1 個だけとなる複数のグループごとに集約して共有化し、及び全てのゲート光スイッチで共有化した。

【選択図】 図 1

特願 2002-341334

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000004226]

1. 変更年月日

1999年 7月15日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

氏 名

日本電信電話株式会社